LA CONDUITE DES MISSIONS GEOTECHNIQUES PAR LA QUALITE ; APPLICATION DE L'APPROCHE PROCESSUS A LA NORME NF P 94 500.

BENACHENHOU Kamila Amel[1], ALLAL Mohammed Amine[2]

[1] Faculté de la Technologie, Université A. Belkaïd, B.P 119, Tlemcen, Algérie, *benakamila@yahoo.fr*

[2] Faculté de la Technologie, Université A. Belkaïd, B.P 119, Tlemcen, Algérie

RESUME. *Quelles que soient la nature et les dimensions de l'œuvre qui en justifie l'entreprise, une étude géotechnique bien conduite est une opération complexe ; il est donc essentiel de l'organiser correctement pour que soient résolus les problèmes posés par l'adaptation du projet au site et pour répondre aux exigences des clients. Pour concevoir le processus correspondant à chaque mission géotechnique, nous avons choisi d'adopter la modélisation fonctionnelle et d'utiliser la tortue de Crosby. Aussi, on cherche par cette approche à représenter toutes les fonctions composant les missions géotechniques définies dans la norme NF P 94 500. Le travail présenté consiste donc à définir ce système, à le modéliser graphiquement, à représenter les processus principaux en vue de prévoir son comportement et le rendre performant face à différents déterminants pour assurer la qualité dans la conduite des missions géotechniques décrits dans la norme NF P 94 500.*

ABSTRACT. *Whatever the nature and dimensions of the project which justifies the construction of it, a good geotechnical study is a complex operation ; it is thus essential to organize it correctly and to make resorts to a systemic modeling integrating an approach process so that the problems arising from the adaptation of the project are solved to the site. Also, one seeks by the modeling of all the functions composing the geotechnical missions defined in standard NF P 94,500, to simplify, describe, synthesize, explain, envisage, decide, optimize, simulate, analyze, form, and identify a sector of investigation. Work presented consists in define this system of the geotechnical missions, to model it graphically, to represent the main process in order to envisage its behavior to make it powerful facing various determinants to ensure quality in the control of the geotechnical missions in the Algerian environment.*

MOTS CLEFS : *Géotechnique ; NF P 94 500 ; Qualité ; Processus ; Systémique.*

KEY WORDS: *Geotechnical engineering; Modeling; NF P 94 500; Process; Systemic.*

1. Introduction

Dans l'environnement algérien, et pour tous les laboratoires de géotechniques (publics et privés), le sol se « résume », malheureusement, à une contrainte admissible, appelée, d'ailleurs à tort « taux de travail ». Ceci conduit souvent à des études géotechniques insuffisantes, mal interprétées ou négligées, qui peuvent être la cause de réparations très onéreuses et pas toujours efficaces. Pour limiter ces éventuels accidents et mieux contrôler le coût des ouvrages, la solution n'est pas une débauche d'analyse de risque, probabiliste ou autre, mais plutôt dans une réflexion sur l'influence de l'organisation du système des études géotechniques sur le résultat, et sur la construction et la maitrise de processus performants des différentes missions. D'autre part, quelles que soient la nature et les dimensions de l'ouvrage qui en justifie l'entreprise, une étude géotechnique bien conduite est une opération complexe ; il est donc essentiel de l'organiser correctement et de faire recourt à une approche processus afin que soient résolus les problèmes posés par l'adaptation du projet au site. Aussi, on cherche par la modélisation graphique de toutes les fonctions composant les missions géotechniques définies dans la norme NF P 94 500 [NFP 06], à simplifier, décrire, synthétiser, expliquer, prévoir, décider, optimiser, simuler, analyser, former, identifier un secteur d'investigation.

2. Présentation de la norme NF P 94-500

La norme NF P 94-500 est venue répondre aux besoins des géotechniciens et à toutes les parties prenantes de la construction, en vue de définir les différentes missions de l'ingénierie géotechnique. Elle a vu le jour en juin 2000 pour sa version initiale, puis mise à jour en décembre 2006 dans sa version actuelle. Il n'existe pas, à ce jour, de norme similaire, qui concerne les missions géotechniques, dans d'autres pays, même si il y a des normes expérimentales qui parlent plutôt de qualification des entreprises de sondages.

Cette norme a pour objet de définir les différentes missions types de l'ingénierie géotechnique et en donne une classification, précise leur enchainement au cours de la conception, de la réalisation, et de la vie d'un ouvrage ou d'un aménagement de site (cf. figure 1).

L'ingénierie géotechnique est associée aux autres ingénieries de la construction, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet; elle contribue à une gestion efficace des risques géologiques, et fiabilise le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

Cette norme a le mérite de clarifier de manière précise les limites de chaque mission ainsi que les prestations qu'elle recouvre sans préciser comment faire. La clarification des missions de chacun permet de bien savoir qui fait quoi, de recadrer leurs obligations et de mettre en évidence le(s) maillons(s) manquant(s) dans le schéma d'élaboration du projet.

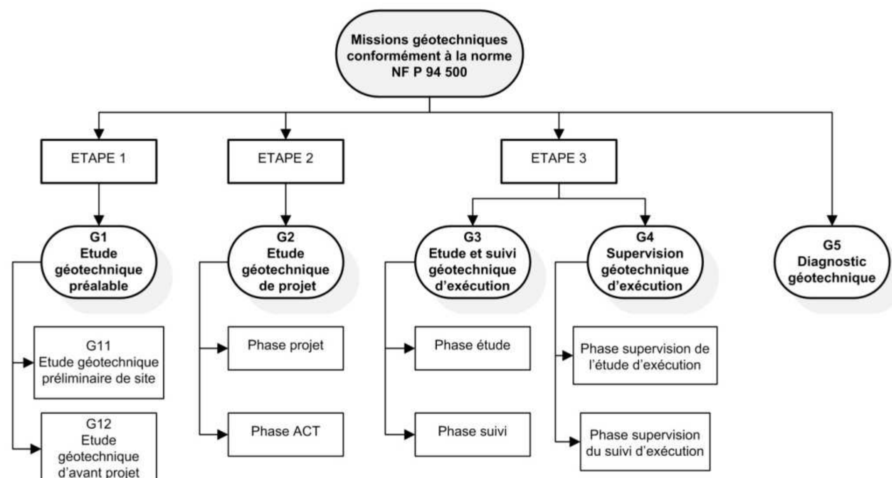


Figure 1. *Schéma d'enchainement des missions géotechniques*

3. Le besoin de qualité dans la conduite des missions géotechniques

La qualité des études géotechniques a un impact très significatif sur la qualité du projet, sur la fiabilité de l'estimation du coût des projets, et sur les coûts d'entretien et d'exploitation des ouvrages. Pour assurer la qualité dans les missions géotechniques il faut avant tout valoriser la géotechnique au moyen :

- De prestations de qualité dans le respect des règles professionnelles ;
- De l'optimisation et de l'intégration du rôle du géotechnicien dans l'acte de construire, indispensable pour une meilleure appréhension et maitrise des risques du sol ;
- D'actions dynamiques communes pour le développement de la géotechnique.

Pour cela, le géotechnicien doit :

a. Se conformer,

- aux règles professionnelles et aux règles de l'art (voir DTU, normes etc.),
- aux exigences de conformités implicites ou explicites,
- à une approche systémique dans l'exécution de ses missions,
- à une approche processus,
- à la norme internationale d'accréditation ISO 17025-2005 [ISO 05].

b. N'exécuter que des missions compatibles avec ses qualifications et assurances,

c. Mettre en œuvre les moyens nécessaires pour assurer des prestations de qualité, notamment :

- Démarche pour une procédure de qualité (faire ce qui doit être fait).
- Respect des normes et/ou modes opératoires relatifs aux essais.

- Respect des normes et recommandations relatives aux études.
- Principe de précaution pour la gestion des risques.
- Rationalisation de la ressource et s'arrêter à temps.
- Analyse du site.
- Ordre et continuité.
- Proposition et réalisation d'un programme d'études.
- Renseignements pratiques et retour d'expérience.

d. Rechercher une bonne adéquation entre les moyens mis en œuvre et le but à atteindre, en particulier :

- Informer le client des adaptations éventuelles à apporter à la campagne de reconnaissance, au regard des résultats obtenus.
- Avertir le client des risques techniques et des conséquences des incertitudes qui subsistent après son intervention.
- N'utiliser les corrélations entre différentes méthodes qu'en complément, dans le but de se confronter dans son jugement et non pas comme une substitution aux moyens d'investigation.
- Ne pas réaliser une investigation avec des moyens inadaptés aux problèmes à résoudre.
- Dénoncer un programme imposé manifestement non adapté à la mission demandée, et proposer le programme adéquat.

e. Pour atteindre la qualité dans les résultats escomptés, axer en plus le travail sur :

- Un choix adéquat des théories et lois géotechniques.
- Une représentativité des modèles.
- Une représentativité des paramètres.
- Une représentativité des mesures.
- La validité et la fiabilité des mesures.

4. Le système des missions géotechniques

Dans l'approche systémique, le paradigme structuraliste distingue la structure, les activités (ou fonctions) et l'évolution du système.

L'ensemble des missions géotechniques est assimilée à un système complexe parce qu'il ne peut pas être à un instant donné connu de façon exhaustive. La connaissance de notre précepte débute par la présentation des trois pôles du « système des missions géotechniques », qui décrivent son organisation structuraliste [LEM 90] :

- Axe ontologique ou structurel (ce que le système est), qui représente la norme NF P 94 500 ;

- Axe fonctionnel (ce que le système fait) : il représente la conduite des missions géotechniques ;

- Axe génétique ou transformationnel (ce que le système devient) : il décrit l'évolution, l'actualisation et la mise à jour de la norme NF P 94 500.

5. Cycle de vie de projets de construction et missions géotechniques

A tous les niveaux de la conception, de l'étude et de la réalisation d'un projet, une étude géotechnique bien conduite accroît toujours, et souvent de façon déterminante, la rentabilité, la pérennité et la sécurité de l'ouvrage. Durant la vie de l'ouvrage, la somme des renseignements géotechniques recueillis lors de l'étude et de la réalisation permet de mieux entretenir l'ouvrage et éventuellement de le réparer pour prévenir les accidents ou une ruine prématurée. Ces informations constitueront un socle fondamental pour l'apprentissage et l'amélioration continue de l'organisation.

La figure 2 représente le cycle de développement fonctionnel des missions géotechnique avec un enchainement simultané et un retour d'expérience pour apprentissage (Feed back), avec la superposition des investigations géotechniques supplémentaires et du diagnostic géotechnique (mission G5).

Le choix s'est porté sur une représentation de ce cycle en perspective d'ingénierie concourante (ou simultanée). En effet, la représentation séquentielle et linéaire du cycle de vie dans le domaine de la construction est la première cause de discontinuité informationnelle entre les acteurs [OUM 05].

Tous les travaux récents soutiennent cette démarche et montrent que l'ingénierie concourante permet de créer une continuité informationnelle à même d'améliorer l'efficacité [MES 02].

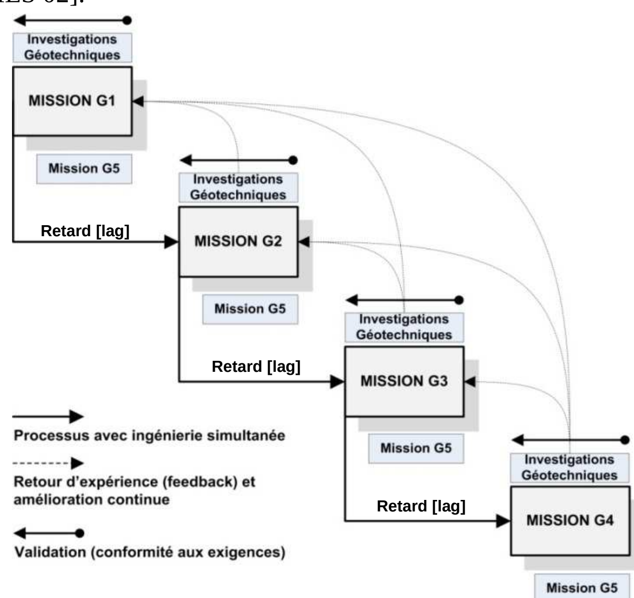


Figure 2. *Cycle de développement des missions géotechniques*

Cette méthode de travail, que nous recommandons vivement, ne peut toutefois être mise en place qu'en respectant les six principes suivants [JOU 96] :

- Rôle prépondérant du chef de projet ;
- Prise en compte des spécificités du projet (pas de solutions standards) ;
- Recherche de solutions à un échelon global ;
- Prise en compte de tous les paramètres du projet dès le début ;
- Prise en compte des incertitudes propres à toute démarche de conception ;
- Ouverture à l'innovation.

6. Cartographie des processus

La norme ISO 9001:2000 [ISO 00] définit le processus comme : « Un ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie ». En général, les éléments d'entrée d'un processus sont les éléments de sortie d'autres processus.

En fait, l'approche processus est une approche systémique dont une des caractéristiques est l'existence de plusieurs niveaux d'analyse [BRA 06].

6.1. Les macro processus des études géotechniques

La cartographie de niveau 1, celle des macro-processus, sert avant tout à présenter la finalité de l'organisation de façon schématique. Elle sert également à représenter les séquences et indiquer les interactions des processus du système de management de la qualité. De cette manière, on rend le processus visible à l'ensemble des acteurs qui vont :

- Déployer la politique qualité à l'intérieur de chaque processus ;
- Mesurer les performances grâce aux indicateurs ;
- Réaliser des actions correctives et préventives pour les améliorer.

On obtient ainsi une cartographie des processus clairement définie et circonscrite qui permet une lecture synthétique de ce qui est fait dans l'organisation, avec les finalités, ressources et objectifs bien mis en évidence. On y retrouve donc :

- Le processus de réalisation
- Le processus de pilotage
- Le processus support

On rappelle néanmoins que l'exercice de la géotechnique a des limites qui ne permettent pas d'atteindre la certitude qu'exige l'approche processus pour laquelle il importe de ne rien laisser au hasard et de ne prendre aucun risque. Elle aide seulement à déterminer avec plus ou moins de précision, la probabilité des corrélations d'un fait géotechnique et de ses causes ou de ses conséquences supposées et d'obtenir des résultats plus ou moins acceptables selon la difficulté du projet, la complexité du site et l'état des connaissances technico-scientifiques du

moment ; la sécurité absolue qui correspond à la probabilité rigoureusement nulle de voir se produire un accident est une vue de l'esprit.

6.2. Processus des missions géotechniques par modelisation fonctionnelle

Les processus élémentaires (niveau d'analyse 2), définissent; les différentes activités que l'organisation doit maîtriser pour transformer les demandes des clients en services et/ou produit qui satisferont cette demande Ce travail nécessite une analyse du cheminement des différents flux.

Pour concevoir le processus correspondant à chaque mission géotechnique nous avons choisi d'adopter la modélisation fonctionnelle (graphique). Son objectif est de spécifier les « Quoi ?» et les transformer avec « Comment ?» pour aboutir aux résultats attendus, et ceci en définissant les ressources, et les contraintes dans le but d'atteindre les objectifs fixés, et accomplir les différentes missions géotechniques.

Chaque mission représente une fonction et chaque fonction est un processus, constituée de ressources humaines et matérielles qui travaillent et qui produisent des sorties tangibles. Dans ce contexte, nous avons identifié et modélisé graphiquement les différents processus pour les missions géotechniques G1, G2, G3, G4, G5 (cf. Norme NF P 94 500) de façon simple, et pragmatique, dans le but de définir ce que doit faire une mission. Quelle est sa finalité ? Quelles sont ses données de sortie ? La figure ci-après est une représentation du processus d'une des missions géotechniques (G5 : diagnostic géotechnique).

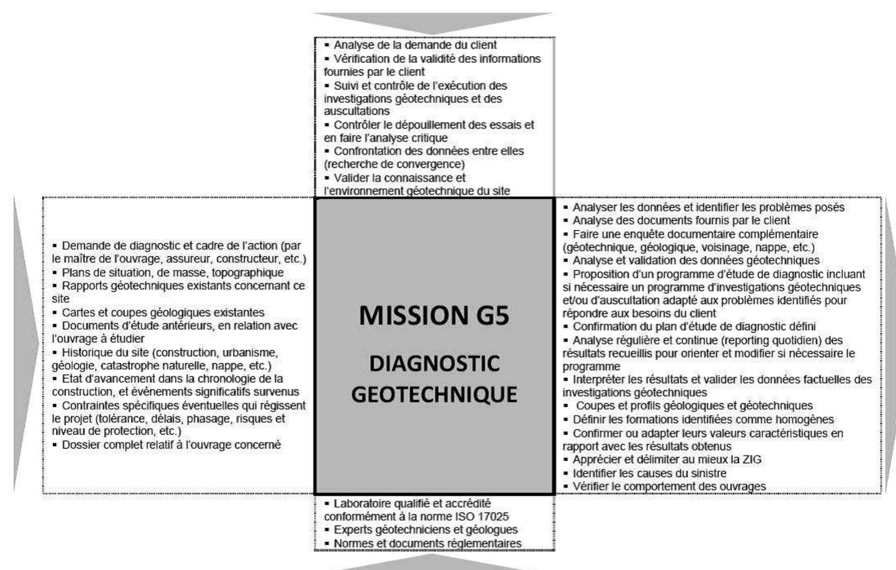


Figure 3. *Processus par modélisation fonctionnelle pour la mission G5*

6.3. Processus de la mission d'investigations geotechniques par la Tortue de Crosby

La prestation d'investigations géotechniques comprend l'exécution de sondages, essais et mesures en place ou en laboratoire, selon un programme défini au préalable dans le cadre d'une mission type d'ingénierie géotechnique. Cette mission représente la base de l'étude géotechnique.

Nous avons choisis d'utiliser la Tortue de Crosby [EUR 01] pour concevoir le processus des investigations géotechniques (voir figure 4). Celle-ci, qui nous semble bien adaptée à cette mission, permet de décrire le processus et de déterminer :

- L'interaction entre les processus identifiés : qui transmet Quoi à Qui ; Quand et Comment ?
- La séquence des processus : Où commencent-ils ? Où s'arrêtent-ils ?
- Déterminer des pilotes, des objectifs, des axes d'amélioration, etc.

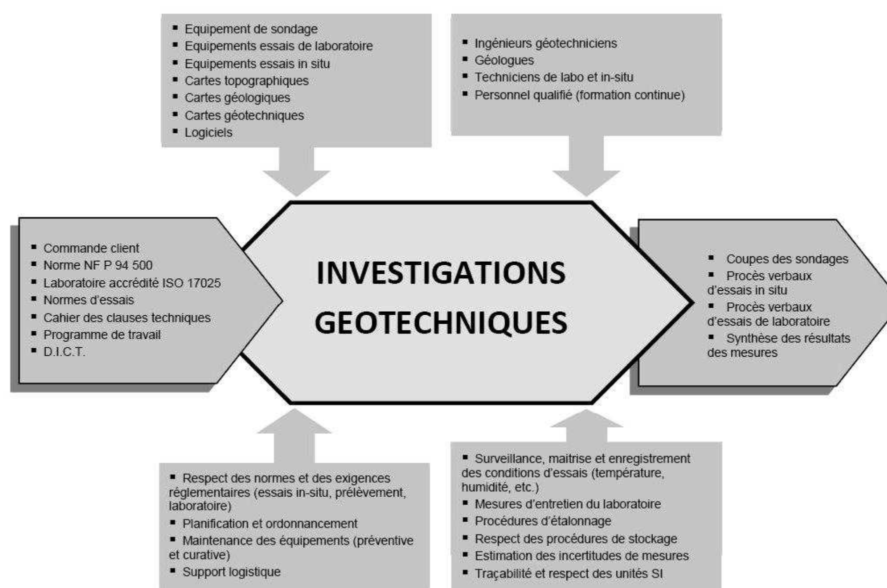


Figure 4. *Représentation et modélisation des processus par la Tortue de Crosby*

La représentation et la mise en œuvre de la cartographie des processus des missions géotechniques n'est pas une fin en soi. Elle constitue la base nécessaire pour la mise en œuvre d'outils et de méthodes permettant aux ressources humaines et matérielles de fonctionner avec précision et efficacité et ainsi atteindre la performance.

7. Conclusion

La recherche de la qualité dans la conduite des missions géotechniques est un objectif fondamental pour assurer la durabilité des ouvrages. Ceci passe par une démarche globale qui intègre une approche processus dans une vision systémique. En effet, la problématique de l'efficacité des missions géotechniques dans les projets de construction reste complexe par le fait, qu'en plus d'en être le parent pauvre, le sol est un milieu hétérogène et anisotrope et nécessite une démarche multidimensionnelle. Ceci a été possible par une vision systémique qui fait apparaître que ce système géotechnique est empirique, aléatoire, et dynamique. Nous avons fondé notre modèle sur les processus ; ces derniers nous ont permis d'avoir une vision claire, explicite de l'enchainement des missions géotechniques et de définir l'importance des besoins et des exigences des clients, ainsi que les ressources, et les contraintes dans le but d'atteindre la performance et améliorer la qualité. Ceci passe par une définition pertinente et une représentation lisible du processus dont le meilleur outil semble être la Tortue de Crosby. Mais tout cela n'est pas une panacée et aucun projet ne peut aboutir si la ressource humaine n'est pas compétente et motivée.

De ce fait, la norme NF P 94-500 est une avancée intéressante pour l'ensemble des acteurs de la construction ; c'est une norme à caractère volontaire et contractuel, c'est une donnée de référence et non un règlement.

Finalement, c'est à partir d'une démarche systémique, qui prend en compte la globalité et la complexité, que l'on peut améliorer la qualité des études et missions géotechniques. Il est impossible d'imaginer d'emblée tout ce qu'il faudra faire dans le détail pour réaliser une étude géotechnique satisfaisante. Celle-ci est complexe, et nécessite une approche constituée de beaucoup de bon sens, de beaucoup d'ingéniosité et d'un peu de théorie. Parce ce que la pratique de la géotechnique nécessite l'art de l'équilibre : équilibre cognitif entre l'esprit géométrique et l'esprit de finesse.

Bibliographie

[ALL 01] ALLAL M. A., « De l'affaire Bourmadia à la prise en charge de la géotechnique dans les projets de bâtiment », *Le quotidien d'Oran*, n°1875, Algérie, 2001.

[BRA 06] BRANDENBURG H., WOJTYNA J. P., *L'approche processus mode d'emploi, 2éme édition*, éd. d'Organisation, Paris, 2006.

[DRE 95] DRESCH M., *Gérer la qualité de la construction,* éd. Eyrolles, Paris, 1995.

[EUR 01] EURO SYMBIOSE, *Les processus : je maîtrise,* éd. Orvault : Euro Symbiose, col. Les petits cahiers, France, 2001.

[GRE 02] GRES S., « Approche pour la conception de systèmes complexes », *Techniques de l'Ingénieur,* [AG 1560], France, 2002.

[HUT 03] HUTTER E., « Rôle de l'ingénierie technique en construction», *Techniques de l'Ingénieur,* [AG 3310], France, 2003.

[ISO 00] ISO 9000 : 2000, *Système de management de la qualité ; principes essentiels et vocabulaire*, Norme Internationale ISO, éditée par l'ISO, Suisse, 2000.

[ISO 05] ISO/CEI 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais,* Norme Internationale ISO, éditée par l'ISO, Suisse, 2005.

[JOU 96] JOUINI S., MIDLER C., L'ingénierie concourante dans le bâtiment, Synthèse des travaux du GREMAP : Plan urbanisme construction et architecture, rapport de recherche n° 75, France, 1996.

[LEC 03] LE COZ E., « Système de management de la qualité (SMQ) : processus d'amélioration », *Techniques de l'Ingénieur,* [AG 1750], France, 2003.

[LEM 90] LE MOIGNE J. L., *La modélisation des systèmes complexes,* éd. Dunod, Paris, 1990.

[MAG 03] MAGNAN J. P., « La place de la géotechnique dans l'organisation des projets et des travaux », *La lettre de la géotechnique,* éd. SIMSG (ISSMG), numéro 31, 2003.

[MAG 00] MAGNAN J. P., « Réflexions sur la place des essais de laboratoire dans la pratique de la géotechnique », *Bulletin de Liaison des LPC,* n°229, note technique 4355, 2000.

[MAR 08] MARTIN P., *Géotechnique appliquée au BTP*, éd. Eyrolles, Paris, 2008.

[MAR 07] MARTIN P., *Ces risques que l'on dit naturels,* éd. Eyrolles, Paris, 2007.

[MAR 97] MARTIN P., *La géotechnique : principes et pratiques,* éd. Masson, Paris, 1997.

[MEI 97] MEINADIER J. P, *L'intégration des systèmes,* éd. que sais-je ?, Presses Universitaires de France, Paris, 1997.

[MES 02] MESQUITA E., « Concurrent engineering in construction: studies of brief-design integration », *Proceeding of IGLC-10 conference,* Gramado, Brésil, 2002.

[MOU 04] MOUGIN Y., *Processus : les outils d'optimisation de la performance,* éd. d'Organisation, Paris, 2004.

[NFP 06] NF P 94-500, *Missions d'ingénierie géotechnique classification et spécifications,* Norme française, AFNOR, 2006.

[OUM 05] OUMEZIANE H., « Approche systémique pour une ingénierie du bâtiment intégrée. Contribution à l'interopérabilité d'acteurs en conception avancée », thèse de Doctorat en Génie Industriel, Ecole Centrale de Paris, 2005.

[USG 07] USG, *Recommandations sur la consistance des investigations géotechniques pour la construction de bâtiments*, Rapport à l'usage des professionnels, France, 2007.

[VEZ 04] VEZOLE P., « La reconnaissance géotechnique et la norme NF P 94 500 », *revue Travaux n°807,* France, 2004.